

System for shaping form of laser output for industry, medicine, printing

Patent number: DE19743322 (A1)

Also published as:

Publication date: 1998-07-02

DE19743322 (B4)

Inventor(s): IZAWA TAKAO [JP]

JP10186246 (A)

Applicant(s): SHOWA Optronics CO [JP]

US5805748 (A)

Classification:

- international: G02B26/00; G02B27/09; G02B26/00; G02B27/09; (IPC1-7); G02B27/09; G02B27/10

- european: G02B27/09S2; G02B27/09; G02B27/09A; G02B27/09S2L2

Application number: DE19971043322 19970930

Priority number(s): JP19960350727 19961227

Abstract of DE 19743322 (A1)

The system has a laser diode bar (1), a collimator (2), a beam deflecting guide (3), a beam collecting guide (4) and an image objective lens (5). The collimator consists of fibre or cylindrical lens elements. The beam deflection stage has a number of identical transparent plates (3.1-3.3) of glass or quartz glass set at an angle to each other.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 197 43 322 A 1

⑯ Int. Cl. 6:
G 02 B 27/09
G 02 B 27/10

DE 197 43 322 A 1

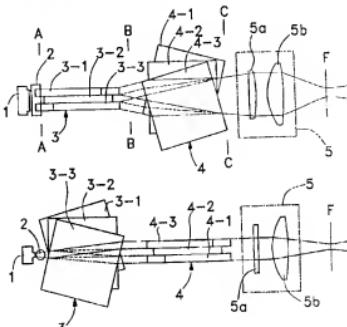
⑯ Aktenzeichen: 197 43 322.7
⑯ Anmeldetag: 30. 9. 97
⑯ Offenlegungstag: 2. 7. 98

<p>⑯ Unionspriorität: 8-350727 27. 12. 96 JP</p> <p>⑯ Anmelder: Showa Optronic Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP</p> <p>⑯ Vertreter: Ackmann und Kollegen, 80469 München</p>	<p>⑯ Erfinder: Izawa, Takao, Yokohama, Kanagawa, JP</p>
---	---

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Laserstrahlformgebungssystem

⑯ Ein horizontal langgestreckter Laserstrahl wird in mehrere Strahlabschnitte unterteilt, die längs der horizontalen Richtung angeordnet sind, und bis zu unterschiedlichen Graden durch eine strahlablenkende Strahlführung (3) vertikal abgelenkt, und die Strahlabschnitte, die die strahlablenkende Strahlführung (3) in unterschiedlichen vertikalen Positionen verlassen, werden durch eine strahlbindende Strahlführung (4) bis zu unterschiedlichen Graden horizontal abgelenkt, so daß die Strahlabschnitte längs einer vertikalen Linie konvergieren können, und der Laserstrahl, der am Anfang seitlich langgestreckt war, kann zu einem mehr kreisförmigen Querschnitt geformt werden, welcher zum Pumpen eines Lasersystems und für andere Zwecke erwünscht ist. Die Strahlführungen (3, 4) können jeweils aus mehreren transparenten Platten (3-1 bis 3-3, 4-1 bis 4-3) bestehen, die übereinander platziert sind, und jeder Strahlabschnitt wird durch eine der Platten auf einem zu der Hauptoberfläche der Platten parallelen Weg hindurchgeleitet. Das gewünschte Ausmaß an Ablenkung jedes Strahlabschnitts kann durch geeignete Auswahl der Geometrie und/oder der Brechungseigenschaften der entsprechenden Platte (3-1 bis 3-3, 4-1 bis 4-3) erzielt werden.



DE 197 43 322 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Laserstrahlformgebungsysteem zum Fönen eines Laserstrahls und insbesondere auf ein Laserstrahlformgebungsysteem zum Unwandalen eines Laserstrahls, der eine seitlich langgestreckte Konfiguration hat, in einer mehr kreisförmigen Konfiguration. Das Laserstrahlformgebungsysteem nach der Erfindung dient dazu, aber nicht ausschließlich, einer Pumpquelle für Festkörperlasersysteme zu bilden, die auf einem weiten Gebiet von Anwendungsfällen benutzt werden können, zu denen wissenschaftliche Untersuchungen, maschinelle Bearbeitung mittels Mikrolaser, die Plattenherstellung für die Druckindustrie und medizinische Behandlungen gehören.

Normalerweise wird gewünscht, daß eine Laserstrahlquelle einen hochdichten Laserstrahl liefert, der leicht kolliniert werden kann. Zu diesem Zweck wird verlangt, daß der Strahlquerschnitt so kreisförmig wie möglich und so klein wie möglich ist. Wenn beispielsweise ein Laser unter Verwendung einer Hochleistungslaserquelle als Lasergeselle gepumpt wird, kann ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden, indem eine Endpumppkonfiguration benutzt wird, wobei aber verlangt wird, daß der Laserstrahl aus der Lasergeselle in dem Lasermedium zu einem kreisförmigen Strahl kolliniert wird, dessen Durchmesser in der Größenordnung von einigen hundert Mikrometern liegt.

Eine Hochleistungslaserquelle, die solche Eigenschaften hat, steht jedoch nicht zu wirtschaftlichen Bedingungen zur Verfügung. Eine Vorrichtung in Form eines sogenannten Laserdiodenstabes kann eine hohe Ausgangsleistung zu relativ niedrigen Kosten liefern, aber der Laserstrahl, der von einem Laserdiodenstab erzeugt wird, ist üblicherweise quer oder seitlich langgestreckt. In dem Fall eines Laserdiodenstabes mit einer Nennausgangsleistung von 10 bis 20 Watt ist dessen Ausgangsfacette in einer ersten Richtung ungefähr 10 mm breit und in einer zu der ersten Richtung rechtwinkeligen zweiten Richtung umgekehrt einem Mikronutriett hält. Außerdem divergiert der von einem Laserdiodenstab emittierte Strahl sehr schnell. Der Strahl kann ohne jede nennenswerte Schwierigkeit in der zweiten Richtung auf einen Durchmesser von einigen zehn Mikrometern kolliniert werden, aber er kann nicht auf mehr als etwa 3 mm in Durchmesser in der ersten Richtung kolliniert werden, indem eine normale optische Anordnung verwendet wird, bei welcher eine Kombination aus zylindrischen, sphärischen und asphärischen Linsen verwendet wird.

In der folgenden Beschreibung wird der Einfachheit halber angenommen, daß die Lasergeselle eine horizontale langgestreckte laseremittierende Facette hat. Mit anderen Worten, die erste Richtung entspricht der horizontalen Richtung, und die zweite Richtung entspricht der vertikalen Richtung. Aus den oben dargelegten Gründen ist es schwierig, einen Laserstrahl, der eine Ausgangsbreite von ungefähr 10 mm hat, zu einem Strahl von weniger als 1 mm im Durchmesser zu kollimieren. Deshalb führt die Verwendung eines Laserdiodenstabes als Lasergeselle zum Endpumpen eines Festkörperlasers unvermeidlich zu einem relativ schlechten Unwandlungs- oder Konversionswirkungsgrad. Darüber hinaus tendiert der resultierende Ausgangslaserstrahl eines Festkörperlasers dazu, einen elliptischen Querschnitt zu haben, der in den meisten Fällen unerwünscht ist.

Aus der US 5 127 069 ist es bekannt, ein Bündel von Lichtleitern zu benutzen, um Emissionen aus diskreten Emittern eines Laserdiodenstabes zu führen und sie auf ein Lasersystem zu binden. Die Emissionen aus dem Laserdiodenstab können in einem relativ kleinen und kreisförmigen Strahl umgewandelt werden, der zum Endpumpen eines Lasersystems geeignet ist. Bei diesem System kann, wenn ein

Lichtleiterbündel in Kombination mit einem Laserdiodenstab mit einem Durchmesser von 10 mm (bei einem Divergenzwinkel von 15 Grad) \times 1 pm (bei einem Divergenzwinkel von 50 Grad) benutzt wird, ein Laserstrahl in einem Bereich erzeugt werden, der 600 µm im Durchmesser beträgt,

- 5 bei einem Divergenzwinkel von 23 Grad (oder mit einer numerischen Apertur von 0,2). Wenn dieser Laserstrahl durch eine asphärische Linse mit einer numerischen Apertur von 0,2 kolliniert wird, wird er in einen kreisförmigen Strahl mit einem Durchmesser von 600 µm umgewandelt. Das ist eine bedeutsame Verbesserung gegenüber der herkömmlichen Anordnung, bei der allein auf optische Linsen zurückgegriffen wird, die eine numerische Apertur von 0,2 haben, wodurch nur ein Laserstrahl von ungefähr 6 mm Breite in der horizontalen Richtung erzielt werden kann.

Wenn zwei Laserdiodenstäbe, die jeweils eine Ausgangsleistung von 20 W und eine Wellenlänge von 808 nm haben, als eine Pumpquelle zum Endpumpen eines Nd : YVO₄-Festkörperlasersystems, das eine Schwingungswellenlänge von 1064 nm hat, benutzt werden würden, würde der Unwandlungswirkungsgrad ungefähr 50% betragen. Das Endpumpverfahren, bei dem ein Lichtleiterbündel benutzt wird, verursacht jedoch beträchtliche Kosten zum Herstellen des Lichtleiterbündels, und zwar insbesondere deshalb, weil der Fertigungsprozeß einen zeitrauhenden und präzisen Montageprozeß verlangt.

Ein weiteres mögliches Verfahren zum Verbessern des Unwandlungswirkungsgrades, wenn ein Laserdiodenstab als eine Pumpquelle benutzt wird, besteht darin, die Emissionen aus dem Laserdiodenstab nur in der vertikalen Richtung zu kollimieren und das stabförmige Lasermedium nur seitlich zu pumpen. Dieses Verfahren fällt sich relativ billig realisieren, es führt aber zur ineffektiven Absorption der Pumpenergie in dem Lasermedium, und der resultierende Wirkungsgrad ist beträchtlich niedriger als derjenige, der erzielt wird, wenn ein Lichtleiterbündel benutzt wird, und liegt üblicherweise in dem Bereich von 20%.

Wenn die Nennausgangsleistung des Laserdiodenstabes beispielsweise 20 W beträgt, kostet die Anordnung, bei der ein Lichtleiterbündel zur Strahlformgebung benutzt wird, üblicherweise zweimal mehr als die einfachere, aber weniger wirksame Seitenpumpenanordnung.

Angesichts dieser Probleme des Standes der Technik ist es ein Hauptziel der vorliegenden Erfindung, ein Laserstrahlformgebungsysteem zu schaffen, welches gestattet, einen seitlich stark langgestreckten Laserstrahl in einen mehr kreisförmigen Laserstrahl auf sowohl einfache als auch wirtschaftliche Art und Weise umzuwandeln.

Ein zweites Ziel der Erfindung ist es, ein Laserstrahlformgebungsysteem zu schaffen, das eine Hochleistungslaserquelle zum Endpumpen eines Lasersystems auf wirtschaftliche Weise bildet.

Ein drittes Ziel der Erfindung ist es, ein Laserstrahlformgebungsysteem zu schaffen, welches den Pumpwirkungsgrad eines Festkörperlasersystems beträchtlich verbessern kann.

Erfindungsgemäß lassen sich diese und andere Ziele erreichen durch Schaffung von einem Laserstrahlformgebungsysteem mit einer Lasergeselle, die eine emittierende Oberfläche hat, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rehwinkelig ist; einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere Strahlführungsstiele aufweist zum Umsortieren eines der Lasergeselle verlassenden Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere

- 40 Längsabschnitte, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rehwinkelig ist; einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere Strahlführungsstiele aufweist zum Umsortieren eines der Lasergeselle verlassenden Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere
- 45 Längsabschnitte, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rehwinkelig ist; einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere Strahlführungsstiele aufweist zum Umsortieren eines der Lasergeselle verlassenden Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere
- 50 Längsabschnitte, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rehwinkelig ist; einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere Strahlführungsstiele aufweist zum Umsortieren eines der Lasergeselle verlassenden Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere
- 55 Längsabschnitte, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rehwinkelig ist; einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere Strahlführungsstiele aufweist zum Umsortieren eines der Lasergeselle verlassenden Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere
- 60 Längsabschnitte, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rehwinkelig ist; einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere Strahlführungsstiele aufweist zum Umsortieren eines der Lasergeselle verlassenden Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und einer strahlbündelnden Strahlführung, die mehrere

tere Strahlführungsteile aufweist zum einzelnen Empfangen der Strahlabschnitte, die die strahlablenkende Strahlführung verlassen, und zum Bündeln der Strahlabschnitte in bezug auf die erste Richtung, um so die Strahlabschnitte im wesentlichen läng einer Linie auszurichten, die zu der zweiten Richtung parallel ist.

Dem seitlich oder lateral langgestreckten Laserstrahl kann somit die Form eines im wesentlichen kreisförmigen Strahls gegeben werden, indem eine relativ billige Anordnung benutzt wird. Üblicherweise wird ein Kollimator, der aus einer zylindrischen Linse besteht, in der Nähe der Laserquelle platziert, um eine Komponente des Laserstrahls, der die Laserquelle verläßt, in bezug auf die zweite Richtung zu kollimieren, bevor der Laserstrahl in die strahlablenkende Strahlführung eintritt. Ebenso wird ein Abbildungsobjektiv in der Nähe des Ausgangsendes der strahlbündelnden Strahlführung platziert, um die Strahlabschnitte, welche die strahlbündelnde Strahlführung verlassen, auf einen Brennpunkt zu bündeln. Der Strahlquerschnitt kann durch ein Relaisobjektiv, das zwischen dem Kollimator und der strahlablenkenden Strahlführung angeordnet ist, erweitert werden. Das vereinfacht den Aufbau der Strahlführungen, weil das Relaisobjektiv den Divergenzwinkel des Laserstrahls reduziert.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beinhaltet, daß die Strahlführungsteile der strahlbündelnden Strahlführung mehrere transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlengang definiert ist, und planare Endoberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts, wobei die Platten nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet sind und wobei die Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelversetzt von jeder Platte zur anderen um die erste Richtung angeordnet sind. Das vereinfacht die Produktionskosten, und zwar insbesondere dann, wenn die Platten identisch geformt sind. Die strahlbündelnde Strahlführung kann obengenannt aufgebaut sein.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beinhaltet, daß die Strahlführungsteile der strahlbündelnden Strahlführung mehrere Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die erste Richtung und einen Strahlengang definiert ist, und planare Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelversetzt von jeder Platte zur anderen um die zweite Richtung angeordnet sind und wobei die Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelversetzt von jeder Platte zur anderen um die zweite Richtung sind. Das vereinfacht den Montageprozeß, weil das Ausmaß der Ablenkung leicht eingestellt werden kann, indem jede Platte aus einer gemeinsamen Glastafel od. dgl. mit passender Länge zugeschnitten wird. Die strahlbündelnde Strahlführung kann auch ähnlich aufgebaut sein.

Noch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beinhaltet, daß die Strahlführungsteile der strahlbündelnden Strahlführung mehrere identisch geformte transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlweg festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Panitieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlweg, wobei die Platten nahe beieinander läng der ersten Richtung angeordnet sind und aus Materialien bestehen, die unterschiedliche Brechungssindizes haben. Das erfordert etwas höhere Materialkosten, die Montagearbeit kann aber vereinfacht werden. Die strahlbun-

dende Strahlführung kann auch ähnlich aufgebaut sein.

Zum Verbessern des Transmissionswirkungsgrades können, wenn Platten als Strahlführungsteile benutzt werden, die Grenzflächen zwischen benachbarten Platten mit einer reflektierenden Eigenschaft ausgestattet werden, z. B. mit Hilfe eines Luftspalts oder eines reflektierenden Überzugs. Die Endoberflächen, über die die Strahlabschnitte jedo. Platte treten und verlassen, sollten vorzugsweise mit einer Antireflexschicht überzogen sein.

10 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1(a) und 1(b) Diagramme einer ersten Ausführungsform der Erfindung, die in Draufsicht bzw. in Seitenansicht 15 gezeigt sind;

Fig. 2(a) bis 2(c) Diagramme, die die Querschnittsformen des Laserstrahls in Ebenen A-A, B-B und C-C in Fig. 1(a) zeigen;

Fig. 3(a) und 3(h) in Draufsicht bzw. in Seitenansicht 20 ähnlich wie die Fig. 1(a) und 1(h) eine zweite Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4(a) und 4(h) in Draufsicht bzw. Seitenansicht ähnlich wie die Fig. 1(a) und 1(b) eine dritte Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 5(a) und 5(h) in Draufsicht bzw. in Seitenansicht 25 ähnlich wie die Fig. 1(a) und 1(b) eine vierte Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 6 eine Seitenansicht, die ein Lasersystem in Kombination mit dem Strahlformgebungssystem nach der Erfindung 30 zeigt.

Die Fig. 1(a) und 1(h) zeigen eine erste Ausführungsform der Erfindung, die einen Laserdiodenstab 1, einen Kollimator 2, eine strahlablenkende Strahlführung 3, eine strahlbündelnde Strahlführung 4 und ein Abbildungsobjektiv 5 aufweist. Der Laserdiodenstab 1 beinhaltet eine große Zahl von einzelnen lichtemittierenden Elementen, die längs einer lateralen Länge derselben angeordnet sind und dadurch eine laterale oder seitlich langgestreckte emittierende Oberfläche bilden. Der Kollimator 2 besteht aus einer Laserglas- oder 45 einer zylindrischen Linse, die parallel mit dem Laserdiodenstab 1 ausgerichtet ist. Der Kollimator 2 ist unmittelbar über der emittierenden Oberfläche des Laserdiodenstabes 1 platziert, so daß der Laserstrahl, der an Anfang in einer vertikalen Ebene divergiert, in einem im wesentlichen parallelen Strahl umgewandelt wird, in einer vertikalen Ebene betrachtet, der jedoch seitlich langgestreckt ist.

Der Strahl, der durch den Kollimator 2 hindurchgegangen ist, wird auf die strahlablenkende Strahlführung 3 gerichtet, die in dieser Ausführungsform aus mehreren im wesentlichen identischen und vertikal angeordneten transparenten Platten 3-1 bis 3-3 besteht, welche aus Glas wie optisches Glas oder Quarzglas oder aus transparentem Kristall hergestellt und übereinander angeordnet sind. Die transparenten Platten 3-1 bis 3-3 haben eine rechteckige Form, und die mittlere Platte 3-2 ist so ausgerichtet, daß der Lichtstrahl,

welcher von dem Kollimator 2 emittiert wird, die Platte 3-2 über rechtwinklig angeordnete planare Oberflächen derselben betrifft und verläßt. Die übrigen Platten 3-1 und 3-3 sind über der mittleren Platte 3-2 angeordnet und sind um eine 60 Linie, die zu der Haupthebene der Platten rechtwinklig ist, in bezug auf die mittlere Platte in zwei entgegengesetzten Richtungen etwas gedreht.

Die beiden Seiten (Hauptoberflächen) jeder Platte sind zu einer äußerst planaren Oberfläche poliert, um jegliche unregelmäßigen Reflexionen zu vermeiden, und sind von benachbarten Platten durch einen kleinen Luftspalt getrennt, der größer als die Wellenlänge ist, so daß die Strahlabschnitte auf diesen Oberflächen interne Totalreflexionen er-

fahren. Alternativ kann wenigstens eine der beiden Seiten (Hauptoberflächen) mit einer metallischen, dielektrischen oder anderweitig reflektierenden Schicht überzogen sein. Die Endoberflächen, über die die Strahlabschnitte hindurchgehen, sind ebenfalls zu einer äußerst planaren Oberfläche poliert und sind erwünschbarweise mit einer Antireflexschicht überzogen, um einen Transmissionssverlust der Strahlabschnitte aufgrund von Reflexion, wenn sie über diese Oberflächen hinweggehen, zu minimieren. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind nur drei Platten dargestellt, üblicherweise ist aber eine größere Zahl von diesen Platten vorgesehen. In diesem Fall nimmt, wie leicht vorstellbar ist, der Drehwinkel jeder Platte fortwährend zu, wenn der Abstand von der mittleren Platte zunimmt.

Somit tritt der seitliche langgestreckte Lichtröhre, der vom Kollimator 2 emittiert wird (welcher so wie in Fig. 2(a) dargestellt ausgebildet ist), in die strahlablenkende Strahlführung 3 ein und wird in eine Anzahl von diskreten Strahlabschnitten aufgeteilt, welche einzeln durch die entsprechenden Platten 3-1 bis 3-3 geführt werden. Die Endoberflächen dieser Platten, über die die Strahlabschnitte hindurchgehen, sind zu planaren Oberflächen poliert, um so jegliche unregelmäßigen Reflexionen zu vermeiden. Der mittlere Strahlabschnitt bewegt sich auf einem im wesentlichen geraden Weg, weil der Strahlabschnitt die mittlere Platte 3-2 rechtwinklig zu den entsprechenden Endoberflächen der Platte betrifft und verläuft. Andererseits betrifft und verläuft jeder der übrigen Strahlabschnitte die entsprechende Platte 3-1 oder 3-2 unter einem schiefen Winkel in bezug auf die entsprechenden Endoberflächen. Infolgedessen werden diese Strahlabschnitte durch die entsprechenden Platten in verschiedenen Grad oder Ausmaß abgelenkt oder verschoben, was von den Drehwinkeln der Platten in bezug auf die mittlere Platte abhängt, ist, wie es in Fig. 2(b) dargestellt ist. Die Strahlabschnitte werden hier jeweils mit unterschiedlichem Grad vertikal verschoben. Weil die Platten auf jeder Seite der Mittelpfanne um einen zunehmend größeren Winkel gedreht sind, wenn der Abstand von der mittleren Platte zunimmt, werden die Strahlabschnitte, die anfanglich längs einer horizontalen Linie in Querschnitt ausgerichtet waren, derart abgelenkt, daß sie längs einer schrägen Linie in Querschnitt ausgerichtet sind, wie es in Fig. 2(b) dargestellt ist. Vorzugsweise gibt es keine nennenswerte Überlappung in der vertikalen Richtung zwischen den Strahlabschnitten, wenn sie die strahlablenkende Strahlführung 3 verlassen.

Die Strahlabschnitte, die durch die strahlablenkende Strahlführung 3 hindurchgeleitet werden, werden anschließend in die strahlbündelnde Strahlführung 4 geleitet, die mehrere Platten 4-1 bis 4-3 aufweist, welche aus Glas wie optischem Glas oder Quarzglas oder aus einem transparenten Kristallmaterial hergestellt sind. Die Platten sind übereinander angeordnet und von einer Platte zur anderen um einen gewissen Winkel gedreht. Die Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 sind, kurz gesagt, ähnlich wie die Platten der strahlablenkenden Strahlführung 3 angeordnet. Die Hauptoberflächen der Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 sind jedoch um 90 Grad um die optische axiale Linie gedreht, oder, mit anderen Worten, sind in der horizontalen Richtung orientiert. Die strahlbündelnde Strahlführung 4 ist der strahlablenkenden Strahlführung 3 deran zugeordnet, daß die Strahlabschnitte, die von der strahlablenkenden Strahlführung 3 emittiert werden, jeweils in eine entsprechende Platte der strahlbündelnden Strahlführung 4 eintreten.

Die Strahlabschnitte verlassen daher die strahlablenkende Strahlführung 3 in unterschiedlichen vertikalen Positionen und treten in die entsprechenden Platten 4-1 bis 4-3 der strahlbündelnden Strahlführung 4 ein. Die Platten 4-1 bis 4-

- 3 der strahlbündelnden Strahlführung 4 verschieben jeweils den Weg des entsprechenden Strahlabschnitts in der seitlichen oder lateralen Richtung derart, daß die Strahlabschnitte die strahlbündelnde Strahlführung 4 im wesentlichen ausgleichen lange einer vertikalen Linie verlassen, wie es in Fig. 2(c) dargestellt ist. In dem Fall der strahlbündelnden Strahlführung 4 ist es, weil der vertikale Divergenzwinkel von jedem der Strahlabschnitte, die durch die Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 hindurchgehen und weniger wahrscheinlich auf die beiden Seiten (Hauptoberflächen) auftreffen werden, relativ klein ist (< 0.5 Grad), nicht notwendigerweise erforderlich, daß diesen Oberflächen eine reflektierende Eigenschaft gegeben wird, die durch das Vorsehen eines Luftspalts zwischen benachbarten Platten oder durch reflektierende Schichten, mit denen die Hauptoberflächen der Platten überzogen werden, erzielt werden kann.

Der Laserstrahl, der die strahlbündelnde Strahlführung 4 verläßt, wird auf das Abbildungsobjektiv 5 gerichtet, das in der nächsten Stufe vorgesehen ist. Das Abbildungsobjektiv 5 kann eine zylindrische Linse 5a und eine asphärische Linse 5b aufweisen, so daß der einfallende Laserstrahl durch die zylindrische Linse 5a in einen parallelen Strahl umgewandelt wird und durch die asphärische Linse 5b sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung auf einen kleinen Fleck auf einer Fokal- oder Brennpunkts Ebene fokusiert wird. Die zylindrische Linse 5 ist geeignet ausgebildet, so daß der Brennpunkt der vertikalen Komponente des Laserstrahls und der Brennpunkt der horizontalen Komponente des Laserstrahls in der gemeinsamen Fokalebene f zusammenfallen.

Die seitliche Abmessung des Laserstrahls, der auf das Abbildungsobjektiv 5 fällt, ist zu der Anzahl der Platten der Strahlführungen 3 und 4 umgekehrt proportional und kann deshalb bei Bedarf reduziert werden. Die vertikale Abmessung des Laserstrahls, der auf das Abbildungsobjektiv 5 trifft, wird durch die Dicke der Platten der strahlablenkenden Strahlführung 3 diktiert und kann deshalb nach Bedarf gesteuert werden, allerdings nicht so frei wie die seitliche Abmessung des Laserstrahls, der auf das Abbildungsobjektiv 5 fällt. Weil der Laserstrahl, wenn er den Kollimator 2 verläßt, in bezug auf die vertikale Richtung relativ parallel ist und einen relativ kleinen Divergenzwinkel hat, kann jedoch die vertikale Abmessung des Laserstrahls, wenn er die strahlbündelnde Strahlführung verläßt, nicht größer als die horizontale Abmessung derselben gemacht werden. Durch geeignete Auswahl der Anzahl der Platten der strahlablenkenden Strahlführung 3 und der strahlbündelnden Strahlführung 4 ist es daher möglich, dem Laserstrahl einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt zu geben.

Als Beispiel sei angenommen, daß die emittierende Oberfläche des Laserdiodenstabes I 10 nm (horizontal) × 1 µm (vertikal) misst und daß die Parallelität des Laserstrahls, die durch den Kollimator 2 erzielt wird, in der Größenordnung von 0.5 Grad in bezug auf die vertikale Richtung liegt. Dieser Grad an Parallelität kann leicht erzielt werden, indem ein handelsüblicher Kollimator verwendet wird. In diesem Fall würde die vertikale Abmessung des Laserstrahls, der die strahlbündelnde Strahlführung 4 verläßt, ausreichend klein gehalten werden, solange die Anzahl der Platten der strahlbündelnden Strahlführung 3 nicht mehr als 20 beträgt.

Das ist mehr ins einzelne gehend in folgenden beschrieben, wobei ein Beispiel genommen wird, bei dem drei Platten jeweils in der strahlablenkenden Strahlführung 3 und in der strahlbündelnden Strahlführung 4 benutzt werden. In bezug auf die horizontale Richtung sind die äußeren Strahlabschnitte 4-1 und 4-3, die durch die strahlablenkende Strahlführung 3 unterteilt und vertikal verschoben werden, durch die entsprechenden Platten der strahlbündelnden Strahlfüh-

rung 4 in vertikale Ausrichtung mit den mittleren Strahlabschnitten seitlich verschoben, wenn sie schließlich die Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 verlassen. Deshalb wird die vertikale Abmessung des Laserstrals so um den Faktor drei reduziert, wenn er durch die strahlablenkende Strahlführung 3 und durch die strahlbündelnde Strahlführung 4 hindurchgeht. Die vertikale Abmessung des Laserstrals wird um den Faktor drei vergrößert, sie erzeugt aber kein nennenswertes Problem, weil die vertikale Komponente des Laserstrals mehr als 50-mal parallel als die horizontale Komponente ist und eine solche geringfügige Differenz in der vertikalen Richtung angesichts der wesentlichen Reduzierung in der horizontalen Abmessung des Laserstrals, die durch diese Anordnung erzielt wird, ziemlich unbedeutend ist.

In der dargestellten Ausführungsform waren die planaren Oberflächen jeder Platte, durch die der Strahlabschnitt ein- und austritt, zueinander parallel, sie können aber irgendwann Winkel miteinander bilden, solange das gewünschte Ausmaß an Strahlablenkung erreicht wird, was für den Fachmann ohne weiteres klar sein dürfte. Außerdem nimmt der Drehwinkel jeder Platte um die horizontale Linie in der dargestellten Ausführungsform fortwährend zu, was aber für die Erfindung nicht wesentlich ist. Solange die Platten der strahlablenkenden Strahlführung 3 um unterschiedliche Winkel gedreht sind, vorzugsweise in einem gleichen Winkelintervall, ist die Reihenfolge, in welcher die Platten übereinander plaziert werden, nicht von Bedeutung. Offenbar wird die Anordnung der Platten der strahlbündelnden Strahlführung 4 durch die Anordnung der Platten der strahlablenkenden Strahlführung 3 diktiert, so daß die Strahlabschnitte vertikal ausgerichtet sein können, wenn sie die strahlbündelnde Strahlführung 4 verlassen.

Die Ablenkung oder die Verschiebung der Laserstrahlabschnitte wurde in der ersten Ausführungsform durch Verwendung von Platten erzielt, die einen Brechungsindex haben, der von der Luft verschieden ist, und der Grad der Ablenkung wurde durch den Neigungswinkel der Endoberflächen der Platten bestimmt, durch die die Strahlabschnitte hindurchgehen, sowie durch den Brechungsindex des Materials der Platten. Das selbe Ziel kann erreicht werden durch Ändern der Länge der Platten. Durch geeignetes Ändern der Länge des Weges jedes Strahlabschnitts innerhalb der Platte ist es möglich, den Grad der Ablenkung jedes Strahlabschnitts einzustellen, ohne den Neigungswinkel der Endoberflächen der Platten zu ändern. Außerdem ist es durch Ändern des Brechungsindex des Materials der Platte von einer Platte zur anderen möglich, den Grad der Ablenkung jedes Strahlabschnitts einzustellen, ohne den Neigungswinkel der Endoberflächen der Platten oder die Länge jeder Platte zu ändern.

Die Fig. 3(a) und 3(b) zeigen eine zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der der Grad der Ablenkung eingestellt wird, indem die Weglänge jedes Lichtstrals innerhalb der Platte geändert wird. In diesen Figuren sind Teile, die denjenigen der vorherigen Ausführungsformen entsprechen, mit gleichen Bezugszahlen bezeichnet.

Bei der zweiten Ausführungsform weist die strahlablenkende Strahlführung 6 mehrere vertikal ausgerichtete Platten 6-1 bis 6-3 auf, die jeweils die Form eines Parallellepipeds haben, so daß die Strahlabschnitte die entsprechenden Platten unter einem identischen Winkel von einer Platte zur anderen betreten und verlassen. Lediglich die Länge des Strahlweges innerhalb der Platten ist von einer Platte zur anderen unterschiedlich gemacht. Die beiden äußeren Platten 6-1 und 6-3 sind um eine gleiche Länge kürzer bzw. länger als die mittlere Platte 6-2. Deshalb wird der seitlich langgestreckte Laserstrahl, der in die strahlablenkende Strahlführung 6 eintritt, in drei Strahlabschnitte unterteilt, die durch die drei vertikal ausgerichteten platten 6-1 bis 6-3 einzeln geführt werden und die strahlablenkende Strahlführung 6 in unterschiedlichen vertikalen Positionen verlassen.

Die strahlbündelnde Strahlführung 7 der zweiten Ausführungsform gleicht im Aufbau ebenfalls der strahlablenkenden Strahlführung 6 derselben, nur um 90 Grad um die optische axiale Linie gedreht. Die Strahlabschnitte, welche in die einzelnen oder unterschiedlichen Platten der strahlbündelnden Strahlführung 7 eintraten, werden in horizontaler Richtung derart abgelenkt, daß die Strahlabschnitte, die die strahlbündelnde Strahlführung 7 verlassen, längs einer vertikalen Linie ausgerichtet sind.

Somit ist es bei der zweiten Ausführungsform ebenfalls durch geeignetes Ändern der Anzahl der Platten jeweils in der strahlablenkenden Strahlführung 6 und in der strahlbündelnden Strahlführung 7 und der Länge jeder Platte 7-1 bis 7-3 möglich, den Laserstrahl, der anfänglich seitlich langgestreckt war, zu einem im wesentlichen kreisförmigen Strahl zu formen, der für ein günstiges Fokussieren durch das Abbildungsobjektiv 5 geeigneter ist.

Die Fig. 4(a) und 4(b) zeigen eine dritte Ausführungsform der Erfindung, bei der der Grad der Ablenkung eingestellt wird, indem der Brechungsindex jeder Platte geändert wird. In diesen Figuren tragen die Teile, die denen der vorherigen Ausführungsformen entsprechen, gleiche Bezugszahlen.

In diesem Fall sind die strahlablenkende Strahlführung 8 und die strahlbündelnde Strahlführung 9 jeweils aus mehreren identisch geformten und identisch ausgerichteten Platten 8-1 bis 8-3 bzw. 9-1 bis 9-3 gebildet, wobei aber den Materialien für die Platten fortwährend zunehmende Brechungsindizes von einer Platte zur nächsten gegeben werden. In der dargestellten Ausführungsform ist jede Platte so ausgerichtet, daß der einfallende Strahl in die planare Endoberfläche jeder Platte unter einem Winkel von 45 Grad gegen die zu der Endoberfläche rechtwinkelige Linie eintritt. Die Platten sind identisch geformt und konform übereinanderplaziert.

Auch in dieser Ausführungsform wird der Laserstrahl, der in die strahlablenkende Strahlführung 8 eingetreten ist, in Strahlabschnitte aufgeteilt, die dann einzeln in den entsprechenden Platten 8-1 bis 8-3 geführt werden und die entsprechenden Platten in unterschiedlichen vertikalen Positionen verlassen, und zwar wegen des Unterschieds im Brechungsindex von einer Platte zur anderen. Die vertikalen Positionen dieser Strahlabschnitte, welche die strahlablenkende Strahlführung 8 verlassen, werden eingestellt, indem die Brechungsindizes des Materials der Platten so ausgewählt werden, daß es keine wesentliche Überlappung in der vertikalen Richtung zwischen den Strahlabschnitten gibt, wenn diese die strahlablenkende Strahlführung 8 verlassen.

Die strahlbündelnde Strahlführung 9 ist auf ähnliche Weise wie die strahlablenkende Strahlführung 8 aufgebaut, wobei aber die Platten 9-1 bis 9-3 der strahlbündelnden Strahlführung 9 um 90 Grad um die optische axiale Linie in bezug auf diejenigen der strahlablenkenden Strahlführung 8 gedreht sind. Die Brechungsindizes der Platten werden so gewählt, daß die Strahlabschnitte, welche die strahlbündelnde Strahlführung 9 verlassen, längs einer vertikalen Linie im wesentlichen ausgerichtet sind.

Die Fig. 5(a) und 5(b) zeigen eine vierte Ausführungsform der Erfindung. Die Laserquelle 11 besteht in diesem Fall aus einem Halbleiterlaser mit einer Dauerstrichleistung von 20 W, der von SDL, Inc., San Jose, Kalifornien, unter der Modellbezeichnung SDL3470-S vermarktet wird. Dieser Halbleiterlaser, der auch als Laserdiodenstab bezeichnet wird, erzeugt einen Laserstrahl, der in der horizontalen

Richtung 10 mm breit ist und in der vertikalen Richtung 1 µm breit ist. Der Divergenzwinkel dieses Laserstrahls beträgt 15 Grad in der horizontalen Richtung und 50 Grad in der vertikalen Richtung. Die Wellenlänge des Lasers, der von dieser Vorrichtung emittiert wird, beträgt 810 nm.

Der Laserstrahl, der von dem Laserdiodenstab 11 emittiert wird, wird in bezug auf die vertikale Lichtung kollimiert, indem ein Kollimator 12 benutzt wird, der eine zylindrische Gradientenlinse mit einem Durchmesser von 1 mm aufweist, welche von Doric Lenses, Inc., USA, vermarktet wird. Der Laserstrahl, der den Kollimator 12 verlässt, hat eine vertikale Abmessung von 0,5 mm und einen Divergenzwinkel von 0,4 Grad. Das System weist weiter ein Relaisobjektiv 13 auf, das aus zwei konvexen Linsen besteht, die eine Brennweite von 60 mm und einen äußeren Durchmesser von 40 mm haben, um ein teleszentrisches optisches System zu bilden, welches den kollinierten Strahl (10 mm × 0,5 mm) um den Faktor zwei (oder zu einem Strahl von 20 mm × 1,0 mm) vergrößert, so daß der Divergenzwinkel auf 7,5° × 0,2° reduziert wird.

Das Vergrößern des Strahl durchmessers durch Verwenden eines Relaisobjektivs bietet den Vorteil, die Verwendung von relativ dünnen Platten für die strahlablenkende Strahlführung 14 und für die strahlbündelnde Strahlführung 15 zu gestatten. Die Platten, die eine größere Dicke haben, sind in der Herstellung relativ weniger teuer. Die Verwendung eines Relaisobjektivs ist für die Realisierung der Erfindung nicht wesentlich, ist unter praktischen Gesichtspunkten aber zu bevorzugen.

Die strahlablenkende Strahlführung 14 weist neun rechtwinkelige Quarzplatten 14-1 bis 14-9 auf, von denen jede 50 mm × 50 mm × 2,3 mm misst und die übereinander angeordnet sind, so daß sie parallel zu einer Ebene erstrecken, die durch den Strahlengang und die vertikale Richtung festgelegt ist. Die Platten sind jeweils um eine horizontale Linie rechtwinklig zu dem Strahlengang in bezug auf die nachste Platte auf ähnliche Weise wie ein Kartenspiel, das in die Form eines Fächers gedreht ist, gedreht. Die mittlere Platte 14-5 ist so ausgerichtet, daß sich ihre vordere und ihre hintere Endoberfläche rechtwinklig zu dem einfallenden Strahlabschnitt erstrecken, und die übrigen Platten sind auf beiden Seiten derselben in unterschiedlichen Richtungen zunehmend gedreht.

In dieser Ausführungsform sind die Platten 14-1 bis 14-9 so angeordnet, daß die vertikalen Positionen der benachbarten Strahlabschnitte, welche die strahlablenkende Strahlführung 14 verlassen, 2,3 mm voneinander abstehen. Durch diese Wahl ist es möglich, die strahlbündelnde Strahlführung 15 identisch mit der strahlablenkenden Strahlführung 14 aufzubauen und dadurch die Fertigungskosten zu senken. Gemäß der Erfindung kann jedoch die strahlbündelnde Strahlführung 15 eine andere Anzahl von Platten als die strahlablenkende Strahlführung 14 aufweisen oder kann Platten haben, deren Dicke von der der strahlablenkenden Strahlführung 14 verschieden ist.

Die beiden Seiten jeder Platte 14-1 bis 14-9 sind mit einem mehrschichtigen dielektrischen Rellexüberzug überzogen, der eine innere Totalreflexion für diejenigen Strahlkomponenten gewährleistet, die einen Einfallswinkel von 80 Grad oder mehr haben. Diese reflektierenden Überzüge dienen lediglich zum Verbessern des Transmissionswirkungsgrades durch Reflektieren eines kleinen Bruchteils der durch jede Platte geführten Strahlabschnitte, der auf die Grenzfläche auftreffen kann, und sind für die Realisierung der Erfindung nicht wesentlich. Alternativ kann ein Luifspalt in der Größenordnung von 50 µm zwischen jeweils zwei benachbarten Platten vorhanden sein, um so eine optisch reflektierende Grenzfläche zwischen ihnen zu bilden.

Die Endoberflächen jeder Platte sind mit einem Antireflexüberzug überzogen, um wiederum so den Transmissionsverlust zu minimieren.

Die strahlbündelnde Strahlführung 15 ist im wesentlichen

- 5 identisch mit der strahlablenkenden Strahlführung 14 aufgebaut, ist aber um 90 Grad um die optische axiale Linie in bezug auf die strahlablenkende Strahlführung 14 gedreht. In diesem Fall war die Parallelität der Strahlabschnitte so gut, daß es wenig Bedarf an reflektierenden Oberflächen zwischen den benachbarten Platten 15-1 bis 15-9 gibt. Der Aufbau der strahlbündelnden Strahlführung 15 kann jedoch nach Bedarf auf verschiedenelei Weise modifiziert werden, solange die Strahlabschnitte, die in die strahlbündelnde Strahlführung 15 einfallen, durch die Platten 15-1 bis 15-9 einzeln geführt werden und längs einer gemeinsamen vertikalen Linie gebündelt werden.

Der Laserstrahl, der schließlich das Strahlformgebungs-
system dieser Ausführungsform verläßt, war ungefähr
2,3 mm breit, bei einem Divergenzwinkel von 7,5 Grad in
20 bezug auf die horizontale Richtung, und war ungefähr
0,2,07 mm (2,3 mm × 9) breit, bei einem Divergenzwinkel
von 0,2 Grad in bezug auf die vertikale Richtung. Nach den
Gesetzen der Optik ist das Produkt aus einem Durchmesser
und einem Divergenzwinkel eines Strahls ungefähr umgekehrt proportional zu der möglichen Größe des Strahlfecks,
in welchem der Strahl gehandelt werden kann. Das Strahl-
formgebungs-System nach der Erfindung kann daher die horizontale Breite des Strahls ungefähr um den Faktor zehn re-
duzieren, verglichen mit dem Fall, wo das Strahlformge-
bungssystem nicht benutzt wird.

Bei Abbildungsobjektiv 16, das eine zylindrische kon-
vexe Linse 16a und eine asphärische Linse 16b aufweist, ist
in hinter der strahlbündelnden Strahlführung 15 plaziert, so
daß der Laserstrahl, der das Abbildungsobjektiv verläuft, in
35 einem kleinen Fleck sowohl in bezug auf die horizontale
Richtung als auch in bezug auf die vertikale Richtung in ei-
ner gemeinsamen Brennpunktschene konvergieren kann.
Die zylindrische Linse 16a hat in diesem Fall eine Größe von
30 mm × 300 mm und eine Brennweite von 200 mm, und die asphärische Linse 16b hat eine Brennweite von
50 mm, so daß die numerische Apertur (NA) ungefähr 0,29 in der horizontalen Richtung und 0,24 in der vertikalen
Richtung beträgt.

Der Laserstrahl, der schließlich durch das Abbildungsob-
jektiv 16 gebündelt wird, hatte eine Größe von 500 µm (hor-
izontal) × 400 µm (vertikal), gemessen mit einem Strahl-
profilierer, und das ist zum Pumpen eines Festkörperlasers
äußerst geeignet. Darüber hinaus botigt der Transmissions-
wirkungsgrad des Strahlformgebungs-Systems ungefähr
50 88%, was eine bedeutsame Verbesserung gegenüber dem
Stand der Technik darstellt.

Ein Festkörperlasersystem, bei dem das Laserformge-
bungssystem benutzt wurde, das in Fig. 5 dargestellt ist, war
55 tatsächlich so aufgebaut, wie es in Fig. 6 gezeigt ist. Bei die-
sem Festkörperlasersystem wird ein Nd : YVO₄-Stab (der
3 mm × 3 mm × 1 mm maß und eine Nd-Konzentration von
55 weniger als 1% hatte) als ein Lasermedium 18 benutzt. Eine
axiale Endoberfläche dieses Stabes, die dem Abbildungsob-
jektiv 16 zugewandt ist, war mit einer Schicht überzogen,
60 die Licht total reflektierte, das eine Wellenlänge von
1064 nm hatte, und Licht total (100%) durchließ, das eine
Wellenlänge von 810 nm hatte, und die andere axiale End-
oberfläche war mit einer Schicht überzogen, die eine Reflec-
tion von Licht verhinderte, das eine Wellenlänge von
65 1064 nm hat. Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von
810 nm und mit einer Abmessung von 500 µm (horizontal)
× 400 µm (vertikal), der durch das Laserstrahlformgebungs-
system erzielt wurde, wurde als ein Pumpstrahl 19 auf

das Lasermedium 18 gerichtet. Der Ausgangsspiegel 29 besteht aus einem konkaven Spiegel, der einen Krümmungsradius von 1 mm hatte, und einer Resonatorlänge von 150 mm war zwischen dem Ausgangsspiegel 29 und dem Lasermedium 18 vorhanden.

Bei diesem Festkörperlasersystem betrug, wenn die Pumpleistung des pumpenden Laserstrahls 19 für das Lasermedium 19 W betrug, die Ausgangsleistung des Ausgangslaserstrahls 21, wenn dieser den Ausgangsspiegel verließ, 6 W bei der Wellenlänge von 1064 nm. Deshalb betrug der Umwandlungswirkungsgrad ungefähr 40%, was mit dem Wirkungsgrad vergleichbar ist, der durch das Lichtleiterbündel erzielt wird. Die Herstellung ist jedoch beträchtlich weniger teuer als das System, bei dem von einem Lichtleiterbündel wie oben dargelegte Gebrauch gemacht wird.

Durch das Laserstrahlformgebungssystem nach der Erfahrung kann, wie oben beschrieben, ein Laserstrahl, der einschließlich längstreckige Konfiguration hat, sowohl wirtschaftlich als auch effizient zu einem mehr kreisförmigen Strahl geformt werden, der einen relativ kleinen Divergenzwinkel aufweist. Deshalb bietet die vorliegende Herstellung eine außerst günstige Pumpquelle für Festkörperlasersysteme.

Die Strahlführung kann auf verschiedenste Weise aufgebaut sein. Wenn mehrere identisch geformte Platten aus einem identischen Material für die Strahlführungen benutzt werden, wie es bei der ersten und bei der vierten Ausführungsform der Herstellung der Fall ist, können die Strahlführungen in Massenproduktion mit niedrigen Kosten hergestellt werden. Der Grad oder das Ausmaß an Ablenkung der Strahlabschnitte kann auch eingestellt werden, indem die Länge der Platten längs des Strahlengangs geändert wird, wie es bei der zweiten Ausführungsform der Fall ist, und die Fertigungskosten sind in diesem Fall gleichermaßen gering. Wenn die Brechungseigenschaft des Materials für jede 35 Platte verändert wird, wogegen die Formen der Platten im wesentlichen identisch gelassen werden, wie es bei der dritten Ausführungsform der Fall ist, können die Materialkosten etwas hoch sein, aber der Montageprozeß wird beträchtlich vereinfacht, so daß die Gesamtkosten nicht höher 40 als die der anderen Ausführungsformen sein können.

Patentansprüche

1. Laserstrahlformgebungssystem, gekennzeichnet 45 durch:

eine Lasерquelle (1), die eine emittierende Oberfläche hat, welche in einer ersten Richtung wesentlich langgestreckter als in einer zweiten Richtung ist, die zu der ersten Richtung rechtwinkelig ist; eine strahlablenkende Strahlführung (3, 14), die mehrere Strahlführungssteile (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) aufweist zum Unterteilen eines der Lasерquelle (1) verlassenden Laserstrahls in mehrere Strahlabschnitte, welche längs der ersten Richtung angeordnet sind, und zum Ablenken der Strahlabschnitte in der zweiten Richtung bis zu unterschiedlichen Graden; und eine strahlbündelnde Strahlführung (4, 15), die mehrere Strahlführungssteile (4-1 bis 4-3, 15-1 bis 15-9) aufweist zum einzelnen Empfangen der Strahlabschnitte, die die strahlablenkende Strahlführung (3, 14) verlassen, und zum Bündeln der Strahlabschnitte in Bezug auf die erste Richtung, um so die Strahlabschnitte im wesentlichen längs einer Linie auszurichten, die zu der zweiten Richtung parallel ist.

2. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Kollimator (2, 12) zum Kollimieren einer Komponente des Laserstrahls, der

die Lasерquelle (1, 11) verläßt, in bezug auf die zweite Richtung, bevor der Laserstrahl in die strahlablenkende Strahlführung (3, 14) eintritt.

3. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kollimator (2) eine zylindrische Linse aufweist, die sich in der ersten Richtung erstreckt.

4. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet durch ein Relaisobjektiv (13), das zwischen dem Kollimator (12) und der strahlablenkenden Strahlführung (14) angeordnet ist, zum Vergroßern eines Strahlquerschnitts.

5. Laserstrahlformgebungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch ein Abbildungsobjektiv (5, 16) zum Bündeln der Strahlabschnitte, die die strahlbündelnde Strahlführung (4, 15) verlassen, auf einen Brennpunkt.

6. Laserstrahlformgebungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungssteile (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) der strahlablenkenden Strahlführung (3, 14) mehrere transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlengang definiert ist, und planare Endoberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts, wobei die Platten (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet sind und wobei die Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelversetzt von jeder Platte (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) zur anderen um die erste Richtung angeordnet sind.

7. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (3-1 bis 3-3, 14-1 bis 14-9) der strahlablenkenden Strahlführung (3, 14) im wesentlichen identisch geformt und nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet und winkelversetzt gegenüberliegendermaßen um die erste Richtung sind.

8. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungssteile (7-1 bis 7-3) der strahlbündelnden Strahlführung (7) mehrere Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die erste Richtung und einen Strahlengang definiert ist, und planare Endoberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts, wobei die Platten nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet sind und wobei die Endoberflächen zum Empfangen und/oder Emittieren der Strahlabschnitte winkelversetzt von jeder Platte zur anderen um die zweite Richtung sind.

9. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (7-1 bis 7-3) der strahlbündelnden Strahlführung (7) im wesentlichen identisch geformt und nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet und winkelversetzt von einander um die zweite Richtung sind.

10. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, wobei die Strahlführungssteile (6-1 bis 6-3) der strahlablenkenden Strahlführung (6) mehrere transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlengang festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schießen Winkel in bezug auf den Strahlengang, wobei die Platten nahe beieinander längs der ersten Richtung

angeordnet sind und längs des Strahlenganges unterschiedliche Längen haben.

11. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile der strahlbündelnden Strahlführung mehrere transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die erste Richtung und einen Strahlengang festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlweg, wobei die Platteile nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet sind und längs des Strahlweges unterschiedliche Längen haben. 15

12. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile (8-1 bis 8-3) der strahlablenkenden Strahlführung (8) mehrere identisch geformte transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die zweite Richtung und einen Strahlweg festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlweg, wobei die Platten nahe beieinander längs der ersten Richtung angeordnet sind und aus Materialien bestehen, die unterschiedliche Brechungsindizes haben. 20

13. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile (9-1 bis 9-3) der strahlbündelnden Strahlführung (9) mehrere identisch geformte transparente Platten aufweisen, die jeweils eine Hauptoberfläche haben, welche sich in einer Ebene erstreckt, die durch die erste Richtung und einen Strahlweg festgelegt ist, und planare Oberflächen zum Empfangen und Emittieren eines entsprechenden Strahlabschnitts unter einem schiefen Winkel in bezug auf den Strahlweg, wobei die Platten nahe beieinander längs der zweiten Richtung angeordnet sind und aus Materialien bestehen, die unterschiedliche Brechungsindizes haben. 35

14. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile der Strahlführungen mehrere transparente Platten aufweisen, die eine Hauptoberfläche haben, welche sich parallel zu einem Strahlweg erstreckt, und daß ein kleiner Luftspalt zwischen benachbarten Platten gebildet ist. 40

15. Laserstrahlformgebungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlführungsteile jeder Strahlführung mehrere transparente Platten aufweisen, die eine Hauptoberfläche haben, welche sich parallel zu einem Strahlweg erstreckt, und daß ein reflektierender Überzug auf wenigstens einer Seite jeder Platte gehalten ist. 50

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

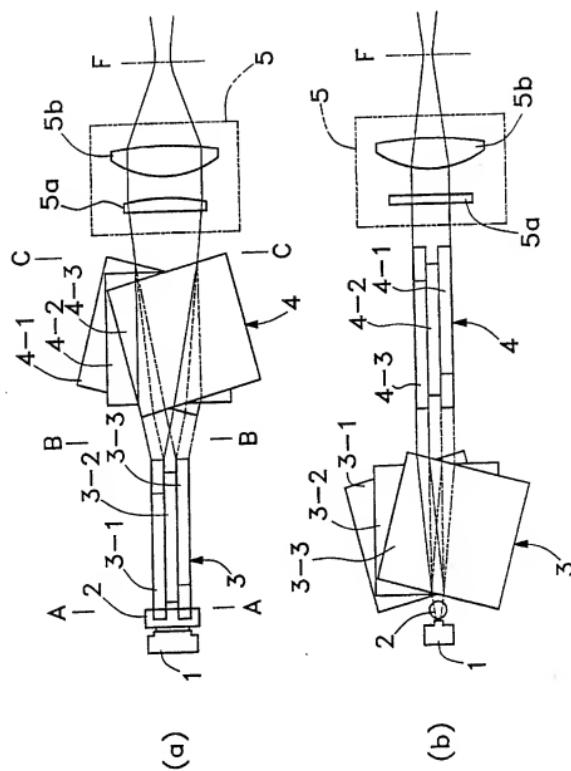
Fig. 1

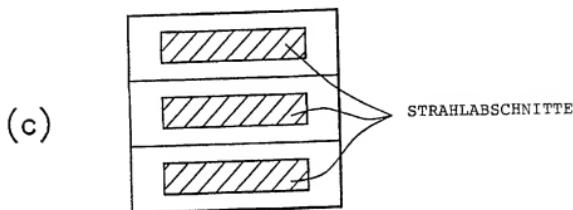
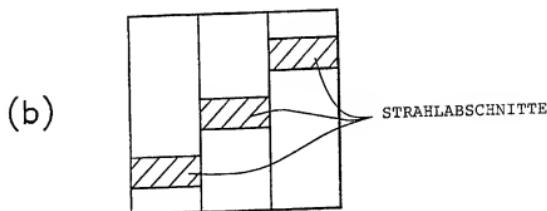
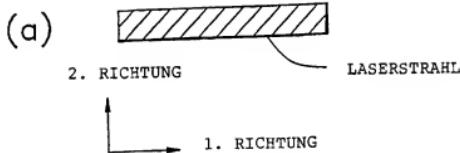
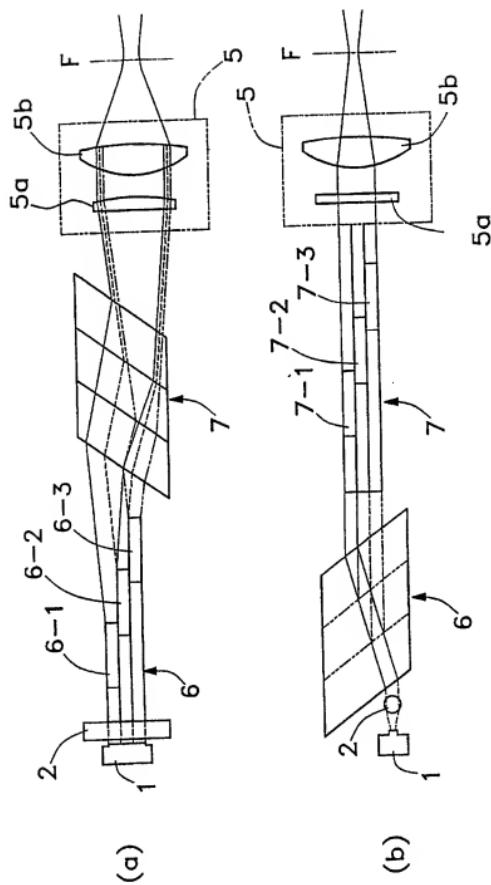
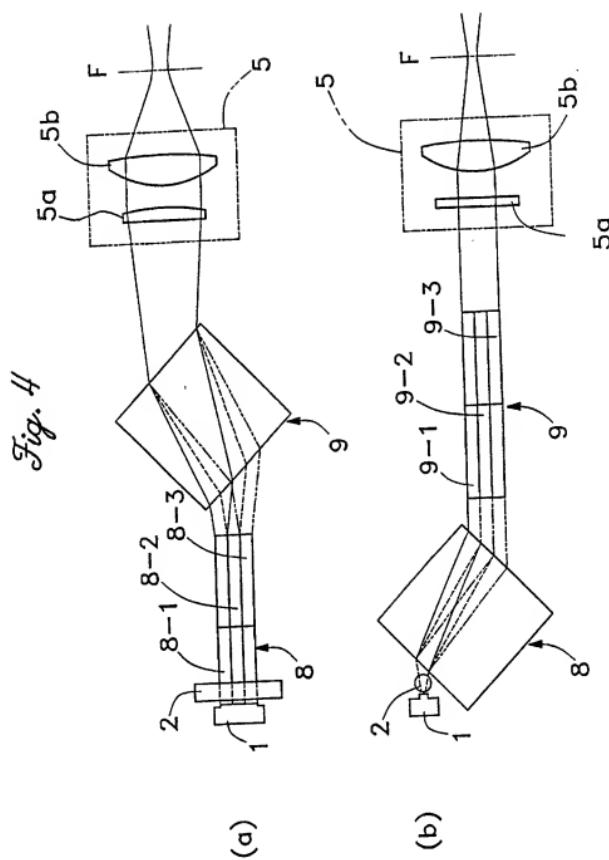
Fig. 2

Fig. 9





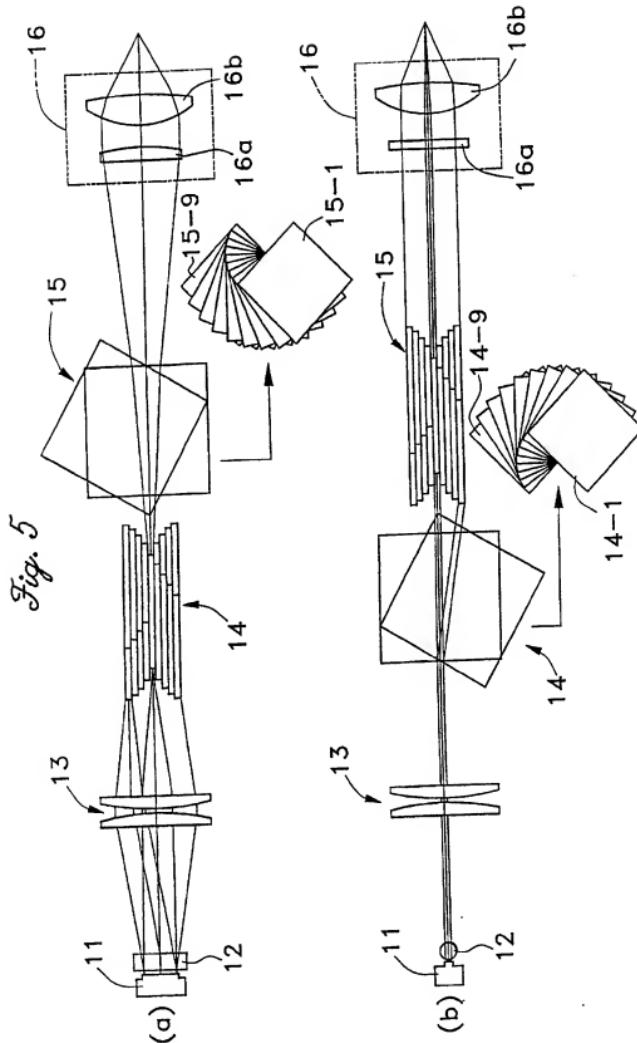


Fig. 6

